

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
27. März 2003 (27.03.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/025945 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G11C 11/16**

(74) Anwalt: **KOTTMANN, Dieter**; Müller, Hoffmann &  
Partner, Innere Wiener Str. 17, 81667 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE02/03120**

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): CN, JP, KR, US.

(22) Internationales Anmeldedatum:  
26. August 2002 (26.08.2002)

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent  
(DE, FR, GB, IE, IT, NL).

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

Veröffentlicht:

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

— ohne internationalen Keucherchenbericht und erneut zu  
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

(30) Angaben zur Priorität:  
101 42 594.5 31. August 2001 (31.08.2001) **DE**

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.

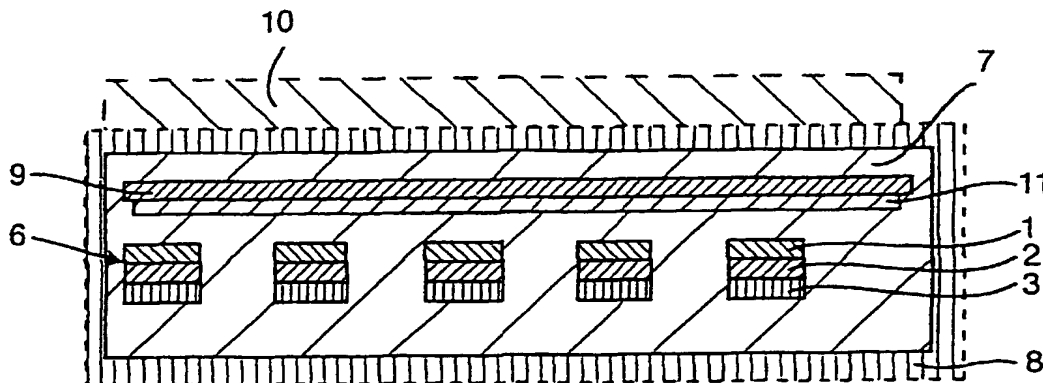
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **INFINEON TECHNOLOGIES AG** [DE/DE]; St.-  
Martin-Str. 53, 81669 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): **BANGERT, Joachim**  
[DE/DE]; Zeppelinstr. 43, 91052 Erlangen (DE).

(54) Title: **COMPENSATION OF A BIAS MAGNETIC FIELD IN A STORAGE SURFACE OF A MAGNETORESISTIVE STORAGE CELL**

(54) Bezeichnung: **KOMPENSATION EINES MAGNETISCHEN BIASFELDES IN EINER SPEICHERSCHICHT EINER MAGNETORESISTIVEN SPEICHERZELLE**



(57) Abstract: The present invention relates to an arrangement for compensating a bias magnetic field in a storage surface (1) of a magnetoresistive storage cell (6) provided in a semiconductor device (7). Said invention also relates to a method for compensating such a bias field.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung zur Kompensation eines magnetischen Biasfeldes in einer Speicherschicht (1) einer in einer Halbleitereinrichtung (7) vorgesehenen magnetoresistiven Speicherzelle (6). Ausserdem betrifft die Erfindung Verfahren zur Kompensation eines solchen Biasfeldes.

WO 03/025945 A2

## Beschreibung

Kompensation eines magnetischen Biasfeldes in einer Speicherschicht einer magnetoresistiven Speicherzelle

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung zur Kompensation eines magnetischen Biasfeldes in einer Speicherschicht einer in einer Halbleitereinrichtung vorgesehenen magnetoresistiven Speicherzelle. Außerdem betrifft die Erfindung Verfahren zur Kompensation eines solchen Biasfeldes.

10

Eine auf dem Effekt der Magnetoresistanz basierende Speicherzelle wird üblicherweise durch einen Stapel aus zwei dünnen, ferromagnetischen Schichten mit einer dazwischen liegenden, mehrere Atomlagen mächtigen, nicht-ferromagnetischen Trennschicht realisiert.

15

Eine der beiden ferromagnetischen Schichten besteht aus einem hartmagnetischen Werkstoff, typischerweise aus einer Kobalt-Eisen-Legierung. Sie fungiert mit einer nach Betrag und Richtung konstanten Magnetisierung als Referenzschicht.

20

Die zweite ferromagnetische Schicht aus einem weichmagnetischen Werkstoff, typischerweise einer Nickel-Eisen-Legierung, bildet eine Speicherschicht. Die Ausrichtung ihrer Magnetisierung erfolgt korrespondierend zu einem Dateninhalt der Speicherzelle gleich- oder gegengerichtet der Magnetisierung der Referenzschicht.

25

Beim Schreiben eines Datums in die Speicherzelle bestimmt die Richtung eines Schreibstroms in einer Adressenleitung der Speicherzelle die Ausrichtung der Magnetisierung in der Speicherschicht bezüglich der Magnetisierung der Referenzschicht.

30

35

Der Werkstoff der Trennschicht ist bei einer auf einem Tunneleffekt beruhenden Konfiguration der Speicherzelle (MTJ, magnetic tunnel junction) ein Dielektrikum. In diesem Fall

liegt dem Auslesen der Speicherzelle der Effekt zugrunde,  
dass die Häufigkeit von Übertritten von Elektronen durch die  
Trennschicht (Tunnelbarriere) bei gleicher Ausrichtung der  
Magnetisierung der beiden ferromagnetischen Schichten höher  
5 ist als bei entgegengesetzter Ausrichtung.

Der dem Auslesen der Speicherzelle zugrundeliegende Effekt  
beruht mithin auf internen Eigenschaften der magnetisierten  
ferromagnetischen Schichten, nicht aber auf einer unmittel-  
10 baren Wechselwirkung der von den beiden Schichten erzeugten  
Magnetfeldern. Deren Wechselwirkung, oder ferro- und anti-  
ferromagnetische Kopplung, beeinflusst das Betriebsverhalten  
der Speicherzelle.

15 Die ferromagnetische Kopplung bezeichnet dabei den Anteil  
der Wechselwirkung, der ein Ausrichten der Magnetisierung  
der Speicherschicht parallel zur Ausrichtung der Magnetisie-  
rung der Referenzschicht fördert und ein Umschalten der Mag-  
netisierung der Speicherschicht in eine der Magnetisierung  
20 der Referenzschicht entgegengesetzten Richtung hemmt.

Entsprechend bezeichnet die antiferromagnetische Kopplung  
den Anteil der Wechselwirkung, der ein zur Ausrichtung der  
Magnetisierung der Referenzschicht paralleles Ausrichten der  
25 Speicherschicht hemmt und ein Umschalten der Magnetisie-  
rungsrichtung der Speicherschicht in einer der Magnetisie-  
rungsrichtung der Referenzschicht entgegengesetzten Richtung  
fördert.

30 Die Ferro- und antiferromagnetischen Kopplungen zwischen Re-  
ferenz- und Speicherschicht ein- und derselben aber auch be-  
nachbarter Speicherzellen liefern Beiträge zu einem magneti-  
schen Biasfeld innerhalb und außerhalb einer magnetoresistiv-  
en Speicherzellen aufweisenden Halbleitereinrichtung. In ei-  
35 ner von einem solchen Biasfeld durchdrungenen Speicher-  
schicht bewirkt das Biasfeld eine Verschiebung der zum Um-  
schalten der Magnetisierungsrichtung erforderlichen Feld-  
stärken, den sogenannten Koerzitiv-Feldstärken. Diese Ver-

schiebung erfordert eine Asymmetrie in den zu Schreiben erforderlichen Magnetfeldern und mithin auch den Schreibströmen.

- 5 Dieser Effekt wird, zur Vereinfachung auf ein eindimensionales Umschalten der Speicherschicht reduziert, durch die beiden Zeichnungen der Fig. 2 verdeutlicht. Dabei bezeichnen  $H_{C1}$  und  $H_{C2}$  die Beträge der zum Umschalten der Magnetisierung zwischen den Zuständen  $M_0$  und  $M_1$  benötigten Koerzitiv-
- 10 Feldstärken bei absenten Biasfeld und  $H_B$  den Betrag des magnetischen Biasfeldes.

Im oberen Teil der Fig. 2 ist die Ummagnetisierungskurve einer Speicherschicht für den Fall eines absenten Biasfeldes dargestellt. Die spezifischen Koerzitiv-Feldstärken  $H_{C1}$  und  $-H_{C1}$  liegen symmetrisch zur Magnetisierungsachse.

15

Im unteren Teil der Fig. 2 ist eine, auf ein durch den Schreibstrom  $I$  erzeugtes Magnetfeld  $H(I)$  bezogene Magnetisierungskurve bei Überlagerung mit einem entgegengesetzt der Magnetfeld-Achse wirkenden Biasfeld dargestellt. Für ein solches Magnetfeld erscheint die Magnetisierungskurve um den Betrag  $H_B$  entgegen der Richtung von  $H_B$  verschoben.

20

25 Sind das Biasfeld und die Magnetisierung der Speicherschicht gleich gerichtet, dann erfordert ein Umschalten der Magnetisierung ein magnetischen Feld, dessen Betrag sich aus der Summe der spezifischen Koerzitiv-Feldstärke der Speicherschicht und der magnetischen Feldstärke des Biasfeldes ergibt.

30

In diesem Fall reduziert das Biasfeld bei vorgegebenem, maximalem Schreibstrom Reserven hinsichtlich eines sicheren Umschaltens der Magnetisierung in der Speicherschicht der Speicherzelle.

35

Ist das Biasfeld der Magnetisierung der Speicherschicht entgegengerichtet, dann reicht zum Umschalten der Magnetisie-

rung bereits ein magnetisches Feld mit einem Betrag aus, dem der um den Betrag der magnetischen Feldstärke des Biasfeldes verringerte Betrag der spezifischen Koerzitiv-Feldstärke der Speicherschicht entspricht.

5

In diesem Fall können bereits kleinere Magnetfelder ein Umschalten der Magnetisierung erzwingen. Damit ist eine Reserve gegenüber einem unerwünschten Umschalten der Magnetisierung verringert. Solche Magnetfelder können ihre Ursache zum

10 einen in extremen Störfeldern mit einer Quelle außerhalb der Halbleitereinrichtung haben. Eine zweite Quelle solcher Magnetfelder sind etwa von Schreibströmen benachbarter Speicherzellen innerhalb der Halbleitereinrichtung erzeugte Magnetfelder.

15

Die dem Biasfeld in der Speicherschicht zugrundeliegende ferromagnetische Kopplung wird durch den Abstand der beiden ferromagnetischen Schichten, der Dicke der Speicherschicht, sowie der Rauigkeit der die Speicherzelle bildenden Schichten

20 bestimmt.

Dazu wird verwiesen auf: L. Néel, Comptes Rendus Acad. Sci. 255, 1676 (1962) und insbesondere Formel (1) in A. Anguelouch et al., Two-dimensional magnetic switching of micron-

25 size films in magnetic tunnel junctions, Applied Physics Letters, Vol.76, Nr.5, 2000.

Die Ausrichtung des Biasfeldes erfolgt dabei nicht notwendigerweise in einer Richtung parallel zur Ausrichtung der

30 durch die Schreibströme erzeugten Magnetfelder, sondern kann auch eine dazu orthogonale und zur Speicherschicht parallele Komponente aufweisen. Dazu wird insbesondere auf Fig. 2a in A. Anguelouch et al., Two-dimensional magnetic switching of micron-size films in magnetic tunnel junctions, Applied Physics

35 Letters, Vol.76, Nr.5, 2000 verwiesen. Die physikalischen Ursachen für diesen Effekt sind nicht vollständig bekannt, jedoch ändert sich das Biasfeld nicht während einer Lebensdauer der Speicherzelle nach Betrag und Richtung.

Insbesondere die Rauigkeit der Schichten liefert variable und dabei schwer vorherbestimmbare Anteile zum Biasfeld. Der Beitrag der Rauigkeit variiert dabei zwischen aus verschiedenen Wafern gefertigten Halbleitereinrichtungen auch gleichen Designs, während er bei aus dem selben Wafer gefertigten Halbleitereinrichtungen ähnlich ist.

Fig. 3 stellt einen schematischen Querschnitt durch eine magnetoresistive Speicherzelle dar. Zwischen einer Referenzschicht 3 und einer Speicherschicht 1 liegt eine Trennschicht 2. Eine Aufteilung der Referenzschicht 3 in eine untere und eine obere Referenzteilschicht 3a, 3c mit einer nicht-magnetischen Zwischenschicht 3b erzeugt ein magnetisches Streufeld, das eine durch den Pfeil 5 angedeutete antiferromagnetische Kopplung erzeugen kann. Die Ursachen der ferromagnetischen Kopplung, also die Rauigkeit der Schichten, sowie die Mächtigkeit von Trennschicht und Speicherschicht werden durch den Pfeil 4 angedeutet.

Zur Verringerung des Biasfeldes wird gegenwärtig zum einen versucht, die ferromagnetische Kopplung zu reduzieren. Zum anderen wird versucht, die antiferromagnetische Kopplung auf eine Kompensation des Biasfeldes hin einzustellen.

Einer Verringerung der ferromagnetischen Kopplung durch eine dickere Speicherschicht stehen die dann erforderlichen, größeren Schaltströme zum Umschalten der Magnetisierung entgegen. Ebenso wird der Abstand der ferromagnetischen Schichten durch die Anforderungen an den elektrischen Widerstand der Speicherzelle und durch thermodynamische Erfordernisse vorgegeben.

Der Kompensation durch die antiferromagnetische Kopplung sind Grenzen gesetzt, da letztere nur bei niedrigen Nettomomenten ein stabiles Verhalten zeigt. Für einen maximalen Effekt müßte auf eine der Referenzteilschichten verzichtet werden, wodurch auch die Stabilität der Referenzschicht be-

einträchtigt würde. Darüberhinaus lassen sich mit ihr keine etwa durch Magnetostriktion während eines Strukturierungsvorgangs der Speicherzelle oder der Halbleitereinrichtung hervorgerufene und zur Magnetisierungsrichtung der Speicherschicht gedrehte ferromagnetische Kopplung kompensieren. 5 Ferner ist die antiferromagnetische Kopplung ungeeignet bei aus verschiedenen Wafern gefertigten Halbleitereinrichtungen regelmäßig voneinander abweichende Beiträge der durch die Rauigkeit der Schichten hervorgerufenen ferromagnetischen 10 Kopplung zu kompensieren.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Anordnung zur Verfügung zu stellen, die eine Kompensation eines Biasfeldes in der Speicherschicht einer in einer Halbleitereinrichtung 15 vorgesehenen magnetoresistiven Speicherzelle ermöglicht und bei der die Geometrie der Speicherzelle unverändert bleibt. Außerdem sind Verfahren zur Verfügung zu stellen, mit der diese Kompensation erzielt werden kann.

20 Diese Aufgabe wird bei einer Anordnung der eingangs genannten Art erfindungsgemäß durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst. Die diese Aufgabe lösenden Verfahren sind in den Patentansprüchen 7 und 12 angegeben. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung 25 ergeben sich jeweils aus den Unteransprüchen. Bei einer Anordnung der erfindungsgemäßen Art wird also ein in einer Speicherschicht einer in einer Halbleitereinrichtung befindlichen magnetoresistiven Speicherzelle wirksames Biasfeld mittels eines magnetostatischen Streufeldes (im 30 Folgenden Kompensationsfeld) mindestens einer in geeigneter Weise magnetisierten Kompensationsschicht kompensiert.

Die Kompensationsschicht kann außerhalb und/oder innerhalb der Halbleitereinrichtung aufgebracht sein.

35 Wird eine Kompensationsschicht innerhalb einer Halbleitereinrichtung aufgebracht, so geschieht dies vorzugsweise auf Wafer-Ebene mittels der zur Bearbeitung eines Wafers üb-

lichen Technologien und mit den bei der Herstellung der Speicherzellen verwendeten Werkstoffen. Die magnetischen Eigenschaften einer solchen Kompensationsschicht können durch ein Strukturieren der Kompensationsschicht beeinflusst werden.

Innerhalb der Halbleitereinrichtung kann die Kompensationsschicht, etwa durch eine  $\text{SiO}_2$ -Schicht getrennt, unterhalb einer die Speicherzellen aufweisenden Speicherzellenschicht aufgebracht werden.

Bei Halbleitereinrichtungen mit mehreren Speicherzellenschichten kann jeder Speicherzellenschicht jeweils mindestens eine Kompensationsschicht zugeordnet werden, die auf die spezifischen Anforderungen der jeweiligen Speicherzellenschicht hin magnetisiert wird. Speicherzellen- und Kompensationsschichten wechseln sich in diesem Fall im Schichtaufbau der Halbleitereinrichtung ab.

In bevorzugter Weise wird die Kompensationsschicht innerhalb der Halbleitereinrichtung auf einer ersten, der Speicherzellenschicht folgenden Passivierung aufgebracht.

Wird die Kompensationsschicht während oder nach einem Häuten der Halbleitereinrichtung aufgebracht, so gilt sie in diesem Kontext als Kompensationsschicht außerhalb der Halbleitereinrichtung.

Eine solche Lösung ist das Verwenden von Gehäusen aus einem ferromagnetischen Werkstoff oder das Platzieren der Halbleitereinrichtung auf einem geeigneten Träger.

Eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung für eine außerhalb der Halbleitereinrichtung aufgebraachte Kompensationsschicht ist ein magnetisierbares Plättchen oder eine solche Folie, bevorzugt aufgebracht auf mindestens einer zur Speicherschicht parallelen Oberfläche der Halbleitereinrichtung. Von entscheidender Bedeutung ist da-



bei, dass mindestens eine Komponente des Magnetfeldes parallel zur Speicherschicht verläuft.

5 In jedem Fall kann auch eine für eine Abschirmung der Halbleitereinrichtung gegen äußere Felder vorgesehene Anordnung als Kompensationsschicht oder aber die Kompensationsschicht als Schirmung der Halbleitereinrichtung verwendet werden.

10 Um ein über alle Speicherzellen homogenes Kompensationsfeld zu erzeugen, wird die Kompensationsschicht bevorzugterweise über eine gesamte, zu den Speicherschichten parallele Querschnittsfläche der Halbleitereinrichtung aufgebracht.

15 Ein nachträgliches Strukturieren der Kompensationsschicht ermöglicht den Feinabgleich des Kompensationsfeldes. Vor einem Abgleich des Kompensationsfeldes ist es allerdings erforderlich, dieses zu bestimmen.

20 Das Ausmessen des Biasfeldes erfolgt in bevorzugter Weise in einem Testmode der Halbleitereinrichtung mittels einer Messvorrichtung. Die Messvorrichtung steuert dabei zwei zur Speicherschicht parallele und zueinander orthogonale magnetische Messfelder variabler Stärke. In deren Abhängigkeit wird ein Magnetfeld abhängiger, typischer Kennwert (im Folgenden Messgröße) der Speicherzelle, etwa ein elektrischer  
25 Widerstand der Speicherzelle ermittelt und an eine externe Prüfeinrichtung übertragen. Die Messfelder werden dabei in geeigneter Weise durch Ströme in für diesen Zweck besonders ausgeprägten Leiterbahnen der Halbleitereinrichtung oder unter  
30 Zuhilfenahme der vorhandenen Anschlussleitungen der Speicherzelle erzeugt.

Die betreffenden Leiterbahnen können wie auch eine Messstrecke zum Ausmessen der Messgröße an der Halbleitereinrichtung  
35 richtung über Anschlüsse nach außen geführt sein. In diesem Fall erfolgt das Steuern der Messfelder und/oder das Ermitteln der Messgröße über eine Messvorrichtung außerhalb der Halbleitereinrichtung

In bevorzugter Weise wird die Messvorrichtung zumindest teilweise in die Halbleitereinrichtung integriert und weist jeweils mindestens eine steuerbare Stromquelle, zwei Dreieck-Generatoren und eine für die Messgröße geeignete Mess-  
5 einrichtung auf. Von außen wird ein Messvorgang lediglich initiiert und danach die Messwerte für die Messgröße nach außen übertragen.

10 Die ausgemessene Speicherzelle kann dabei eine der funktionellen Speicherzelle der Halbleitereinrichtung, eine Referenzspeicherzelle oder eine eigens für dieses Verfahren vorgesehene Speicherzelle sein. Aus gewonnenen Daten wird das  
Kompensationsfeld nach Betrag und Richtung berechnet.

15 Die Kompensation des Biasfeldes erfolgt nach einem ersten erfindungsgemäßen Verfahren, indem eine bereits in oder auf der Halbleitereinrichtung aufgebrachte Kompensationsschicht nachträglich in Abhängigkeit von für das Biasfeld ausgemessenen Messwerten magnetisiert wird.  
20

Die Magnetisierung der Kompensationsschicht erfolgt in einem äußeren Magnetfeld, dessen Stärke in Abhängigkeit der Neumagnetisierungskurve (Neukurve) des Werkstoffs der Kompensationsschicht in der spezifizierten Richtung und den für das  
25 Biasfeld ermittelten Werten eingestellt wird.

Die Kompensationsschicht besteht mindestens teilweise aus einem hartmagnetischen Werkstoff, der eine Vormagnetisierung aufweisen kann. Ein der Vormagnetisierung zugeordnetes Magnetfeld überlagert sich dem zu kompensierenden Biasfeld.  
30 Zudem folgt das Magnetisierungsverhalten der Kompensationsschicht nicht der Neukurve des Werkstoffs.

35 Im Falle einer bereits vormagnetisierten Kompensationsschicht wird also für die Feldstärke des die Kompensationsschicht magnetisierenden äußeren Magnetfeldes unter Umständen

den ein falscher Wert ermittelt. Das Kompensieren des Biasfeldes erfolgt dann unvollständig.

5 Daher wird in bevorzugter Weise das Biasfeld nach einer ersten gesteuerten Magnetisierung der Kompensationsschicht erneut ausgemessen. Aus den gewonnenen Messwerten kann auf Richtung und Betrag der Vormagnetisierung der Kompensationsschicht zurückgeschlossen werden. Es wird daraufhin ein neuer Wert für die Stärke und Richtung der Magnetisierung  
10 der Kompensationsschicht steuernden äußeren Magnetfeldes ermittelt und mit einem solchen Magnetfeld die Kompensationsschicht erneut magnetisiert.

Bei diesem ersten erfindungsgemäßen Verfahren kann die Kompensationsschicht im Inneren der Halbleitereinrichtung oder  
15 außerhalb der Halbleitereinrichtung vorgesehen werden. Sie kann bei Bedarf zum Feinabgleich strukturiert werden. Nach einem zweiten erfindungsgemäßen Verfahren wird zunächst das Biasfeld ausgemessen, bevor eine bereits passend magnetisierte Kompensationsschicht aufgetragen wird.  
20

Das Biasfeld wird also bei absenter Kompensationsschicht und von einer solchen unverfälscht ausgemessen, wodurch das Verfahren zum Kompensieren des Biasfeldes vereinfacht wird. Das  
25 Kompensieren erfolgt dann auch bevorzugt in einer Stufe eines Fertigungsprozesses der Halbleitereinrichtung, der kein wesentlicher, die magnetischen Verhältnisse der Halbleitereinrichtung verändernder Heizschritt mehr folgt.

30 Anhand der übertragenen Messwerte wird eine nach Betrag und Richtung des Biasfeldes passende, vorbereitete Kompensationsschicht, in bevorzugter Weise eine präparierte Folie mit hartmagnetischen Abschnitten, auf der Halbleitereinrichtung  
35 aufgebracht.

Die präparierten Folien liegen dabei in einer ersten Variante in Form einer ersten, nach Betrag und Richtung der Magne-

tisierung sortierten Kollektion vor und werden mit einheitlicher Orientierung aufgebracht.

5 In einer zweiten Variante liegen die präparierten Folien als zweite, lediglich nach dem Betrag der Magnetisierung sortierten Kollektion vor und werden mit einer von der Richtung des Biasfeldes vorgegebenen Orientierung auf die Halbleitereinrichtung aufgebracht.

10 In besonders bevorzugter Weise weist die vorbereitete Kompensationsschicht, also auch die präparierte Folie, eine die Halbleitereinrichtung kennzeichnende Beschriftung auf.

15 Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert, wobei für einander entsprechende Komponenten die gleichen Bezugszeichen verwendet werden. Es zeigen:

20 Fig. 1 eine schematische Darstellung der Anordnung nach einem ersten und einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

25 Fig. 2 eine vereinfachte Darstellung der Ummagnetisierungskurve einer Speicherschicht jeweils bei fehlendem Biasfeld und mit einem wirksamen Biasfeld und

30 Fig. 3 eine schematische Darstellung einer magnetoresistiven Speicherzelle.

Die Fig. 2 und 3 wurden bereits eingangs erläutert.

35 Fig. 1 zeigt einen vereinfachten, nicht maßstabsgetreuen und auf die Darstellung der für die Erfindung wesentlichen Merkmale beschränkten Querschnitt durch eine Halbleitereinrichtung 7 mit magnetoresistiven Speicherzellen 6.

Die Speicherzellen 6 sind jeweils aus Speicher-, Trenn- und Referenzschicht 1,2,3 aufgebaut und im dargestellten Beispiel in einer einzigen Schicht der Halbleitereinrichtung 7

angeordnet. Parallel zu einer aus den Speicherzellen 6 gebildeten Speicherzellenschicht ist eine Passivierungsschicht 11 aufgebracht.

- 5 Durch ferromagnetische Kopplung zwischen den Referenz- und Speicherschichten 3,1 der Speicherzellen 6 entsteht ein magnetisches Biasfeld.

Für ein erstes Ausführungsbeispiel mit einer innerhalb der Halbleitereinrichtung 7 vorgesehenen Kompensationsschicht 9 entfallen die gestrichelt dargestellten Komponenten. Die Kompensationsschicht 9 ist im ersten Ausführungsbeispiel durch eine Passivierungsschicht 11 von den Speicherzellen 6 getrennt parallel zu den Speicherschichten 1 aufgebracht und  
15 kann so magnetisiert werden, dass das magnetische Feld der Magnetisierung das magnetische Biasfeld in den Speicherschichten 1 kompensiert. Um in allen Speicherschichten 1 der Halbleitereinrichtung 7 ein nach Betrag und Richtung möglichst gleiches, von der Magnetisierung der Kompensationsschicht 9 erzeugtes magnetische Feld zu erhalten, überdeckt  
20 die Kompensationsschicht 9 in bevorzugter Weise eine gesamte Querschnittsfläche der Halbleitereinrichtung 7.

Ein zweites Ausführungsbeispiel umfasst auch die gestrichelten Komponenten und weist eine außerhalb der Halbleitereinrichtung 7 vorgesehene Kompensationsschicht 10 und ein die Halbleitereinrichtung 7 mindestens teilweise umgebendes Gehäuse 8 auf, wobei die innerhalb der Halbleitereinrichtung 7 vorgesehene Kompensationsschicht 9 entfällt.

30

Auch die außerhalb der Halbleitereinrichtung aufgebrachte Kompensationsschicht 10 wird aus den oben genannten Gründen bevorzugt parallel zu den Speicherschichten 1 aufgebracht und bedeckt bevorzugterweise mindestens eine gesamte, zu den  
35 Speicherschichten 1 parallele Oberfläche.

## Bezugszeichenliste

	M	Magnetisierung
	H(I)	magnetische Feldstärke eines durch einen
5		Schreibstrom I erzeugten Magnetfeldes
	H <sub>C1</sub>	Betrag einer spezifische Koerzitiv-Feldstärke
	M <sub>0</sub>	erste Magnetisierung
	M <sub>1</sub>	zweite Magnetisierung
	H <sub>B</sub>	Betrag der magnetischen Feldstärke des Biasfelds
10		
	1	Speicherschicht
	2	Trennschicht
	3	Referenzschicht
	3a	obere Referenzteilschicht
15	3b	Zwischenschicht
	3c	untere Referenzteilschicht
	4	Darstellung der ferromagnetischen Kopplung
	5	Darstellung der antiferromagnetischen Kopplung
	6	Speicherzelle
20	7	Halbleitereinrichtung
	8	Gehäuse
	9	Kompensationsschicht innerhalb der Halbleitereinrichtung
	10	Kompensationsschicht außerhalb der Halbleitereinrichtung
25		
	11	Passivierungsschicht

## Patentansprüche

1. Anordnung zur Kompensation eines magnetischen Biasfeldes in einer Speicherschicht (1) von mindestens einer in einer Halbleitereinrichtung (7) vorgesehenen magnetoresistiven Speicherzelle (6),  
gekennzeichnet durch  
mindestens eine Kompensationsschicht (9/10), die mit einer das Biasfeld in der Speicherschicht (1) kompensierenden Magnetisierung versehen ist.
2. Anordnung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass sich die Kompensationsschicht (9) innerhalb der Halbleitereinrichtung (7) befindet.
3. Anordnung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass sich die Kompensationsschicht (10) außerhalb der Halbleitereinrichtung (7) befindet.
4. Anordnung nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Kompensationsschicht (9) durch wenigstens eine Isolationsschicht (11) von der Speicherzelle getrennt ist.
5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das durch die Kompensationsschicht (9/10) erzeugte Magnetfeld parallel zur Speicherschicht (1) verläuft und sich dabei im Wesentlichen über die gesamte Querschnittsfläche der Halbleitereinrichtung (7) erstreckt.
6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Kompensationsschicht (9/10) für einen Feinabgleich strukturiert ist.

7. Verfahren zur Kompensation eines magnetischen Biasfeldes in einer Speicherschicht (1) einer in einer Halbleitereinrichtung (7) vorgesehenen magnetoresistiven Speicherzelle (6), umfassend die Schritte:

- Aufbringen einer ferromagnetischen Kompensationsschicht (9/10),
- Ausmessen des Biasfeldes nach Betrag und Richtung und
- Kompensieren des Biasfeldes durch Magnetisieren der Kompensationsschicht (9/10).

8. Verfahren nach Anspruch 7,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass das Ausmessen und das Kompensieren des Biasfeldes mindestens einmal wiederholt wird, um eine in einer Vormagnetisierung der Kompensationsschicht (9/10) begründete fehlerhafte Kompensation auszuschließen.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Kompensationsschicht (9) innerhalb der Halbleitereinrichtung (7) aufgebracht wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Kompensationsschicht (10) außerhalb der Halbleitereinrichtung (7) aufgebracht wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Kompensationsschicht (9/10) strukturiert wird.

12. Verfahren zur Kompensation eines magnetischen Biasfeldes in einer Speicherschicht (3) einer in einer Halbleitereinrichtung (7) vorgesehenen magnetoresistiven Speicherzelle (6), umfassend die Schritte:

- Ausmessen des Biasfeldes nach Betrag und Richtung und



- Kompensieren des Biasfeldes durch Aufbringen einer Kompensationsschicht (10), die eine das Biasfeld in der Speicherschicht (3) kompensierende Magnetisierung aufweist.

5 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 12,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass Messwerte einer den Betrag und die Richtung des magnetischen Biasfeldes kennzeichnenden Messgröße in einem Testmodus der Halbleitereinrichtung (7) von einer Messvorrichtung  
10 ertemittelt und an eine Prüfapparatur übertragen werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Messvorrichtung zwei zur Speicherschicht parallele  
15 und untereinander orthogonale Messströme steuert, die zwei zueinander orthogonale magnetische Messfelder erzeugen und dass für verschiedene Wertepaare der Messfelder mittels einer Messeinrichtung jeweils eine magnetfeldabhängige Kenngröße der Speicherzelle ermittelt wird.

20 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Messvorrichtung mindestens teilweise innerhalb der Halbleitereinrichtung (7) vorgesehen wird.

25 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Kompensationsschicht (10) als Folie aufgebracht wird, mit der die Halbleitereinrichtung (7) beschriftet  
30 wird.

Fig. 1

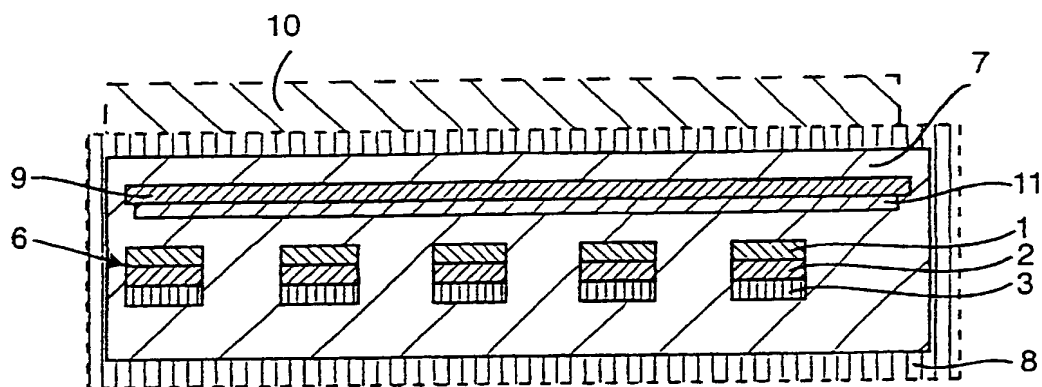


Fig. 2

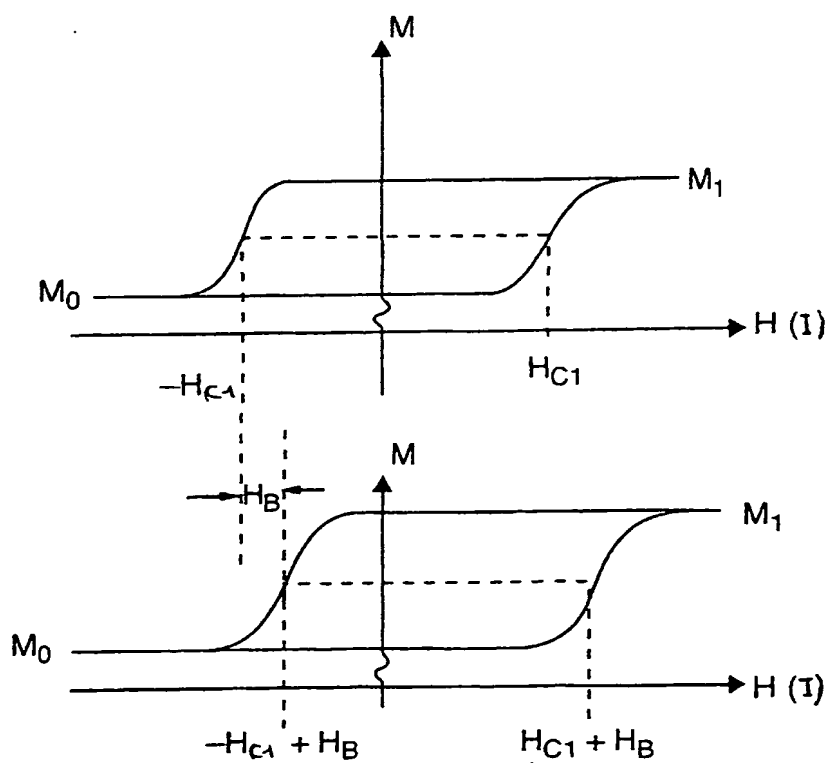
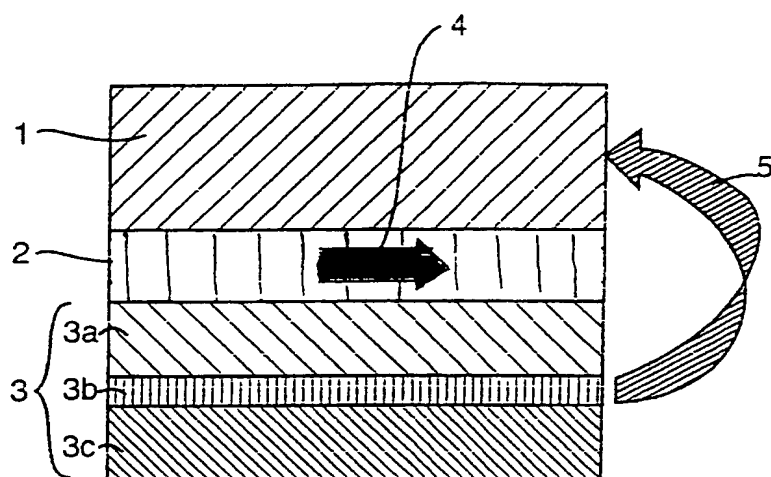


Fig. 3



THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
27. März 2003 (27.03.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/025945 A3**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G11C 11/16**

(74) Anwalt: **KOTTMANN, Dieter**; Müller, Hoffmann & Partner, Innere Wiener Str. 17, 81667 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE02/03120**

(22) Internationales Anmeldedatum:  
26. August 2002 (26.08.2002)

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): CN, JP, KR, US.

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (DE, FR, GB, IE, IT, NL).

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

**Veröffentlicht:**

(30) Angaben zur Priorität:  
101 42 594.5 31. August 2001 (31.08.2001) **DE**

— mit internationalem Recherchenbericht

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **INFINEON TECHNOLOGIES AG** [DE/DE]; St.-Martin-Str. 53, 81669 München (DE).

(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen  
Recherchenberichts: 7. August 2003

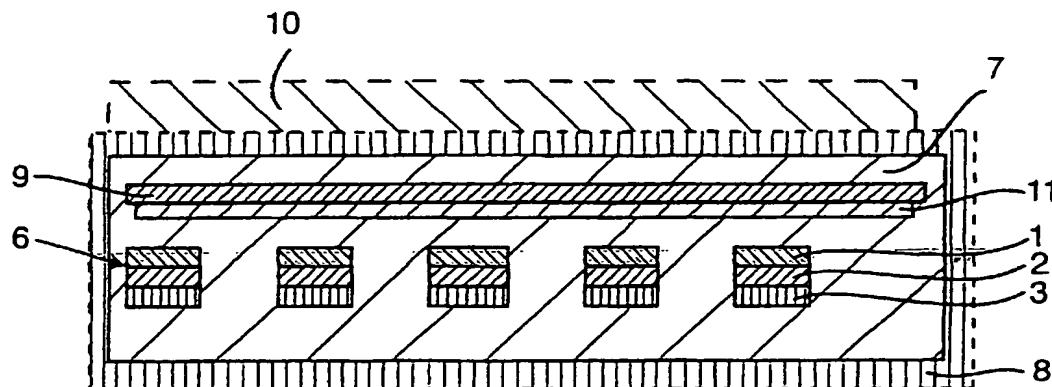
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BANGERT, Joachim** [DE/DE]; Zeppelinstr. 43, 91052 Erlangen (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: **COMPENSATION OF A BIAS MAGNETIC FIELD IN A STORAGE SURFACE OF A MAGNETORESISTIVE STORAGE CELL**

(54) Bezeichnung: **KOMPENSATION EINES MAGNETISCHEN BIASFELDES IN EINER SPEICHERSCHICHT EINER MAGNETORESISTIVEN SPEICHERZELLE**



(57) Abstract: The present invention relates to an arrangement for compensating a bias magnetic field in a storage surface (1) of a magnetoresistive storage cell (6) provided in a semiconductor device (7). Said invention also relates to a method for compensating such a bias field.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung zur Kompensation eines magnetischen Biasfeldes in einer Speicherschicht (1) einer in einer Halbleitereinrichtung (7) vorgesehenen magnetoresistiven Speicherzelle (6). Ausserdem betrifft die Erfindung Verfahren zur Kompensation eines solchen Biasfeldes.

WO 03/025945 A3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internati Application No

PCT/DE 02/03120

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G11C11/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G11C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X A E A	DE 101 03 314 A (INFINEON TECHNOLOGIES AG) 14 August 2002 (2002-08-14) the whole document --- US 2002/176277 A1 (KAZUHIRO BESSHO E AL ) 28 November 2002 (2002-11-28) column 2, paragraph 9 -column 2, paragraph 11 column 3, paragraph 31 -column 4, paragraph 40 --- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 13, 30 November 1999 (1999-11-30) & JP 11 238377 A (MOTOROLA INC), 31 August 1999 (1999-08-31). abstract -----	1, 2, 5, 7, 10-12, 16 4, 6, 13  1   1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 April 2003

Date of mailing of the international search report

14/04/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Degraeve, L

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internat

Application No

PCT/DE 02/03120

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10103314	A	14-08-2002	DE 10103314 A1	14-08-2002
US 2002176277	A1	28-11-2002	JP 2002334972 A	22-11-2002
JP 11238377	A	31-08-1999	NONE	

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internal es Aktenzeichen

PCT/DE 02/03120

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 G11C11/16

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G11C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P, X A	DE 101 03 314 A (INFINEON TECHNOLOGIES AG) 14. August 2002 (2002-08-14) das ganze Dokument	1, 2, 5, 7, 10-12, 16 4, 6, 13
E	US 2002/176277 A1 (KAZUHIRO BESSHO E AL ) 28. November 2002 (2002-11-28) Spalte 2, Absatz 9 - Spalte 2, Absatz 11 Spalte 3, Absatz 31 - Spalte 4, Absatz 40	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 13, 30. November 1999 (1999-11-30) & JP 11 238377 A (MOTOROLA INC), 31. August 1999 (1999-08-31) Zusammenfassung	1

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. April 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

14/04/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Degraeve, L



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen

zur selben Patentfamilie gehören

Internat. s. Aktenzeichen

PCT/DE 02/03120

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10103314	A	14-08-2002	DE 10103314 A1	14-08-2002
US 2002176277	A1	28-11-2002	JP 2002334972 A	22-11-2002
JP 11238377	A	31-08-1999	KEINE	

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)